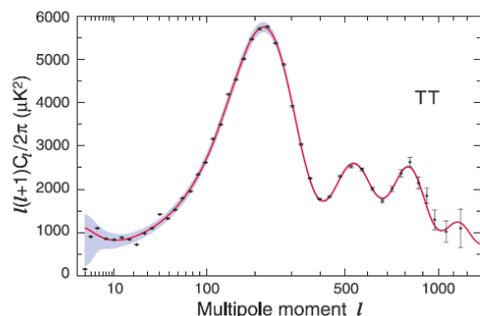
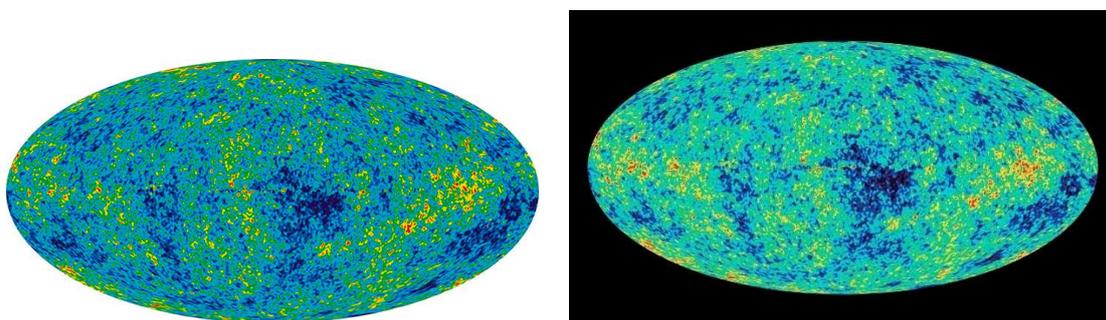


## 特集： CMB Cosmology (CMB宇宙論)

本特集は、宇宙マイクロ波背景放射 (CMB) による宇宙の理論的及び実験的研究について、基礎から研究の最先端に至るまでをカバーしたレビュー論文のコレクションである。

CMB の組織的な研究は、A. A. Penzias と R.W. Wilson による宇宙雑音電波の発見 (1965 年) に始まり長い歴史をもつが、近年その重要性が飛躍的に増大した。特に 1990 年代の NASA の COBE 衛星による CMB のエネルギースペクトルの精密測定と温度の非等方性の発見は、熱いビッグバン宇宙を標準的な宇宙模型として確立すると共に、CMB が宇宙の構造形成や進化を探る強力な手段となる可能性を提示した。その後、様々な地上観測や気球観測の成果を踏まえつつ、COBE の示した可能性を現実のものとしたのが NASA による Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP) 観測実験である。WMAP 衛星観測は 2012 年に完了したが、CMB の温度非等方性の精密な測定により (下図)、宇宙模型の多くの基本パラメータを高精度で決定すると共に、宇宙の平坦性の高精度での検証、宇宙初期ゆらぎスペクトルの決定などを通して、ビッグバン宇宙の誕生のメカニズムを観測的に探る可能性を切り開いた。もちろんこれらの成果は観測のみで実現されたのではなく、多くの理論的基礎研究との連携によって実現されたものであり、そこでは日本人研究者の寄与も大きい。



WMAP は、その後 Planck 衛星観測やより高精度の地上 CMB 偏光観測実験に引き継がれ、新たな興味深い結果が発表されつつある。しかし、WMAP の観測結果は依然として重要な役割をしており、これら新たな観測結果の適切な理解と評価のためには、WMAP 衛星観測の基本コンセプト、およびその背景にある理論研究をきちんと理解しておくことが必

須となる。本特集は、この観点から、素粒子論から天文学にわたる CMB 宇宙論のすべての基本事項とその最新の状況を 12 編のレビュー論文にまとめたものである。

12 編の内容は以下の通りである。まず、WMAP 実験について、筆頭研究者の Charles L. Bennett 氏と中心メンバーの小松英一郎氏とが、WMAP を中心として CMB 観測実験の成果と宇宙論的意義に加え、WMAP におけるデータ処理、ノイズ・前景成分分離の方法、および宇宙論パラメータの推定方法についてコンパクトながら丁寧な解説を行っている。宇宙模型・素粒子模型の視点からの理論的研究については、この分野の大家である杉山直氏が CMB の温度非等方性と宇宙論の基礎を解説し、続いて横山順一氏がインフレーション宇宙模型の歴史とその CMB による検証法について解説している。さらに、辻川信二氏が CMB 観測によるインフレーション模型の具体的な選別について、高橋智氏が温度ゆらぎの非ガウス性の意義とその観測の現状について、中山和則氏が CMB の観測データが素粒子模型に与えた影響について、そして田代寛之氏が CMB のエネルギースペクトルの高精度観測がもたらす情報についてそれぞれ解説している。一方、天文学・宇宙物理学サイドからは、並河俊弥氏が宇宙の物質分布による重力レンズ効果が CMB の温度や偏光の非等方性に及ぼす影響について、市來淨與氏が CMB 観測の障害となる銀河系や系外銀河の放射について、西澤淳氏が時間変動する重力ポテンシャルが CMB に及ぼす影響(積分 Sachs-Wolfe 効果)とその宇宙論的意義について、北山哲氏が銀河団プラズマの CMB に及ぼす影響(Sunyaev-Zeldovich 効果)を用いた宇宙論および宇宙物理の現状と将来について解説している。さらに、Aravind Natarajan 氏と吉田直紀氏が CMB および将来の 21 cm 線の観測がもたらす宇宙の再電離史の研究への意義を星形成の専門家の観点から解説している。

各分野で活躍する専門家が、これだけの多面的な側面から CMB の研究の現状と将来について解説した論文集は他に例を見ない。専門家のみならず、これから新たにこの分野に参入する若手研究者・学生や関連分野の研究者に大変役立つものと期待している。

## 原論文

- “Introduction to temperature anisotropies of Cosmic Microwave Background radiation”  
Naoshi Sugiyama: Prog. Theor. Exp. Phys. (2014) 06B101. doi:10.1093/ptep/ptu073
- “Results from the Wilkinson Microwave Anisotropy Probe”  
Eiichiro Komatsu and Charles L. Bennett (on behalf of the WMAP science team): Prog. Theor. Exp. Phys. (2014) 06B102. doi:10.1093/ptep/ptu083
- “Inflation: 1980–201X”  
Jun'ichi Yokoyama: Prog. Theor. Exp. Phys. (2014) 06B103. doi:10.1093/ptep/ptu081
- “Distinguishing between inflationary models from cosmic microwave background”  
Shinji Tsujikawa: Prog. Theor. Exp. Phys. (2014) 06B104 . doi:10.1093/ptep/ptu047

- “Primordial non-Gaussianity and the inflationary Universe”  
Tomo Takahashi: Prog. Theor. Exp. Phys. (2014) 06B105. doi:10.1093/ptep/ptu060
- “Impacts of precision CMB measurements on particle physics”  
Kazunori Nakayama: Prog. Theor. Exp. Phys. (2014) 06B106.  
doi:10.1093/ptep/ptu079
- “CMB spectral distortions and energy release in the early universe”  
Hiroyuki Tashiro: Prog. Theor. Exp. Phys. (2014) 06B107. doi:10.1093/ptep/ptu066
- “Cosmology from weak lensing of CMB”  
Toshiya Namikawa: Prog. Theor. Exp. Phys. (2014) 06B108.  
doi:10.1093/ptep/ptu044
- “CMB foreground: A concise review”  
Kiyotomo Ichiki: Prog. Theor. Exp. Phys. (2014) 06B109. doi:10.1093/ptep/ptu065
- “The integrated Sachs–Wolfe effect and the Rees–Sciama effect”  
Atsushi J. Nishizawa: Prog. Theor. Exp. Phys. (2014) 06B110.  
doi:10.1093/ptep/ptu062
- “Cosmological and astrophysical implications of the Sunyaev–Zel’dovich effect”  
Tetsu Kitayama: Prog. Theor. Exp. Phys. (2014) 06B111. doi:10.1093/ptep/ptu055
- “The Dark Ages of the Universe and hydrogen reionization”  
Aravind Natarajan and Naoki Yoshida: Prog. Theor. Exp. Phys. (2014) 06B112 .  
doi:10.1093/ptep/ptu067

#### 問い合わせ先

小玉英雄（KEK・素粒子原子核研究所・理論センター 教授）

電子メール：[hideo.kodama@kek.jp](mailto:hideo.kodama@kek.jp)

小松英一郎（Max Planck Institute for Astrophysics Director）

電子メール：[komatsu@mpa-garching.mpg.de](mailto:komatsu@mpa-garching.mpg.de)